

6
1/5/1 (Item 1 from file: 351)
DIALOG(R) File 351:DERWENT WPI
(c)1996 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009040799 WPI Acc No: 92-168157/21
XRPX Acc No: N92-126718

**Electronic drive system using variable reluctance electric motor -
slows down variations in magnetic induction of stator by electronic
control of winding current**

Patent Assignee: (BRAG) BRAUN AG
Author (Inventor): TRAWINSKI P; WELLER A
Number of Patents: 001
Number of Countries: 001
Patent Family:

CC Number	Kind	Date	Week	
DE 4036565	C	920521	9221	(Basic)

Priority Data (CC No Date): DE 4036565 (901116)
Abstract (Basic): DE 4036565 C

The electronic drive system uses a variable reluctance electric motor (1) with one or more phases. The stator poles (5) have one or more windings (6, 7) for each phase, exhibiting an inductance which varies cyclically in dependence on the rotation of the rotor (3). The rapid variations in the magnetic induction of the stator (2), caused by the switching of the stator windings (6, 7) in dependence on the rotor position, are slowed by auxiliary electronic control of the winding current, for reducing the motor operating noise.

Pref. the current variation rate is controlled in dependence on the motor revs. and the motor torque.

ADVANTAGE - Reduced operating noise.

1/7

File Segment: EPI
Derwent Class: V06;
Int Pat Class: H02K-005/24; H02K-019/06; H02K-037/04; H02P-006/00;
H02P-008/00
Manual Codes (EPI/S-X): V06-M03; V06-M05; V06-N01; V06-N04



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 40 36 565 C 1

51 Int. Cl.⁵:
H 02 P 8/00
H 02 P 6/00
H 02 K 37/04
H 02 K 5/24
H 02 K 19/06

21 Aktenzeichen: P 40 36 565.4-32
22 Anmeldetag: 16. 11. 90
23 Offenlegungstag: —
26 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 21. 5. 92

DE 40 36 565 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Braun AG, 6000 Frankfurt, DE

72 Erfinder:
Waller, Albrecht, Dr., 6374 Steinbach, DE; Trawinski,
Peter, 8108 Braunschardt, DE

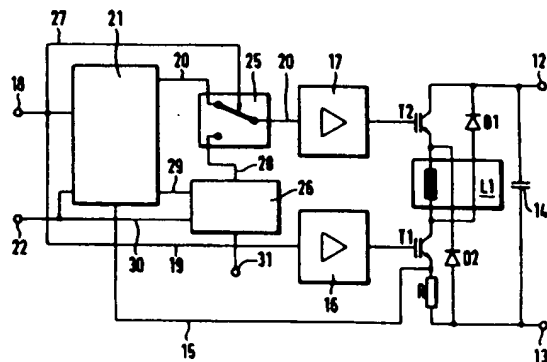
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 40 569 A1
DE 39 05 997 A1
DE 29 44 355 A1
EP 03 97 514 A2
EP 03 43 845 A2
EP 01 93 708 A2

LÜBCKE, E, PLATTNER, H.: Wege zur Geräusch-
verminderung an elektrischen Maschinen. In:
Siemens-Z., 1935, S.157-164;
JP 54-131713. In: Patents Abstr. of Japan, Sect. E.
Vol.3 (1979) Nr.150 (E158);

54 Elektronisches Antriebssystem mit einem Motor mit veränderlichem magnetischem Widerstand

57 Elektronisches Antriebssystem besteht aus einem Elektromotor (1) veränderlicher Reluktanz mit ausgeprägten Polen (5, 8) sowohl am Stator (2) wie am Rotor (3). Der Elektromotor (1) weist eine oder mehrere Phasen auf, wobei pro Phase eine oder mehrere, auf den Polen (5) des Stators (2) angeordnete Wicklungen (6, 7) vorhanden sind, deren Induktivität sich zyklisch mit der Bewegung des Rotors (3) ändert. Weiterhin ist eine Schalteinrichtung vorgesehen, die den Spulenstrom in Abhängigkeit von der Rotorposition ein- und ausschaltet. Die beim Ein- und Ausschalten der Spulen (6, 7) auftretenden schnellen Änderungen der magnetischen Induktion im Stator (2) werden nach der Erfindung durch eine zusätzliche elektronische Steuerung (25, 26) des Spulenstroms verlangsamt, so daß Geräusche im Motor (1) erheblich reduziert werden.



DE 40 36 565 C 1

Die Erfindung betrifft ein elektronisches Antriebssystem, das aus einem Elektromotor veränderlicher Reluktanz mit ausgeprägten Polen sowohl am Stator wie am Rotor besteht, mit einer oder mehreren Phasen, wobei pro Phase eine oder mehrere, auf den Polen des Stators angeordnete Wicklungen vorhanden sind, deren Induktivität sich zyklisch mit der Bewegung des Rotors ändert und mit einer Schalteinrichtung, die den Spulenstrom in Abhängigkeit von der Rotorposition ein- und ausschaltet.

Ein derartiger Elektromotor mit veränderlicher Reluktanz wird bereits unter dem Titel "Wege zur Geräuschverminderung an elektrischen Maschinen" von Dr. E. Lübeck und H. Plattner in der Siemens-Zeitschrift, Ausgabe 1935, Seite 157 bis 164, beschrieben. In dem Bericht wird unter anderem festgestellt, daß Geräusche von Schwingungen aufgrund von in den Elektromotoren auftretenden Kräften verursacht werden, die durch nicht sinusförmige Ströme und Flüsse und durch das Zusammenwirken von Oberwellen entstehen. Weiterhin wird hier angegeben, daß das Geräusch an Maschinen und Transformatoren durch eine geringe magnetische Induktion klein gehalten werden kann.

Aus der DE-29 44 355 A1 wird ein Schrittmotor beschrieben, dem ein von einer Referenzgröße gesteuerter Steuerstrom zugeführt wird, um somit eine Geräuschminderung im Motor herbeizuführen. Dabei ändert sich der Strom und damit der Fluß nicht schlagartig.

Aus der EP-03 97 514 A2 ist weiterhin ein geschalteter Reluktanzmotor bekannt, der zum Steuern zweier Phasen je eine Schalteinrichtung aufweist, wobei die eine die Phasenstromgröße steuert und die andere einen Zirkulierweg für den Phasenstrom aufweist. Durch diese Anordnung sollen insbesondere Schaltverluste reduziert werden.

Weiterhin ist aus der DE-39 40 569 A1 eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Mehrphasen-Synchronmotors an einem Gleichspannungsnetz bekannt, der eine Schaltvorrichtung zum sukzessiven Anschließen der Wicklungsphasen der Ankerwicklung an die Netzgleichspannung und eine Kommutierungslogik zum folgerichtigen Ansteuern der elektronischen Schalter der Schaltvorrichtung mit Schaltsignalen in Übereinstimmung mit der Rotordrehstellung des Synchronmotors aufweist. Zur Herbeiführung einer sanften Kommutierung zwecks Geräuschminderung und Vermeidung von Funkstörungen überlappen sich die beiden Schaltsignale für die den kommutierenden Wicklungsphasen zugeordneten Schalter einander zeitlich und sind im Überlappungsbereich derart getaktet, daß der Mittelwert des Phasenstroms in der aufkommutierenden Wicklungsphase zu- und in der abkommutierenden Wicklungsphase abnimmt.

Weiterhin ist aus der Patentkurzbeschreibung des japanischen Patents 54-1 31 713 ein Schrittmotor bekannt, bei dem die Wicklungen nach deren Abschalten zeitweise kurzgeschlossen werden, um so die Reduzierung der Leistung während des Haltens zu ermöglichen.

Weiterhin ist aus der EP-01 93 708 A2 ein elektrisches Antriebssystem für einen variablen Reluktanzmotor bekannt, der sich speziell auf Zwei-Phasenreluktanzmotoren bezieht und in erster Linie dem Anlaufverhalten des Motors dient. Hierbei sind die Rotorfortsätze so ausgewählt, daß sie zu einer Wechselwirkung mit zwei benachbarten Statorpolen führen.

Schließlich ist aus der DE-39 05 997 A1 ein Reluk-

tanzmotor bekannt, bei dem Maßnahmen zur Auskleidung des Rotors vorgeschlagen werden. Der Rotor weist dabei keine Fortsätze auf. Um die Verkleidung jedoch verankern zu können, werden hier weitere Hilfsmittel benötigt, die insbesondere bei hohen Drehzahlen und langgestreckten Rotoren mit großem Aufwand verbunden sind.

Weiterhin ist ein elektronisches Antriebssystem mit einem motorveränderlichen magnetischen Widerstand aus der EP-03 43 845 A2 bekannt. Bei einem derartig gesteuerten Reluktanzmotor entstehen durch die schnelle Änderung der magnetischen Induktion beim Umschalten der einzelnen Phasen im Statorleisen Geräusche, die gegenüber herkömmlichen Elektromotoren, wie Drehstrommotoren etc. erheblich lauter sind. Die Ursache für diese verhältnismäßig hohen Motorgeräusche sind auf die zur Steuerung des Motors erforderlichen Schaltvorgänge zurückzuführen, die während der ganzen Laufzeit des Motors erforderlich sind. Dies führt in der Praxis oft dazu, daß derartige Elektromotoren nur ungern in Elektrogeräten, insbesondere auch in Haushaltsmaschinen eingesetzt werden, obwohl sie einen einfachen mechanischen Aufbau und einen guten Wirkungsgrad aufweisen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein elektronisches Antriebssystem mit einem motorveränderlichen magnetischen Widerstand zu schaffen, durch das auf besonders einfache Weise unangenehme Motorgeräusche stark reduziert werden, ohne daß dabei die Motorleistung nennenswert abfällt.

Diese Aufgabe wird nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung dadurch gelöst, daß die beim Ausschalten der Spulen auftretenden schnellen Änderungen der magnetischen Induktion im Stator durch eine zusätzliche elektronische Steuerung des Spulenstroms verlangsamt werden, wobei die Stromabfallgeschwindigkeit durch ein zeitweises Kurzschließen der Spulenwicklung nach dem Abschalten dieser Wicklungen beeinflusst wird. Es hat sich nämlich gezeigt, daß bereits die alleinige Verringerung der Stromabfallgeschwindigkeit zu erheblichen Geräuschverminderingen bei nahezu unveränderter Motorleistung des Motors führt. Diese Ausführungsform führt zu dem besonderen Vorteil, daß sie in herkömmliche Reluktanzmotoren ohne große Änderungen und mit geringen Kosten auf einfache Weise eingesetzt werden kann.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Steuerung der Stromänderungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Drehmoment des Rotors erfolgt. Diese Steuerung ist notwendig, um einen Kompromiß zwischen der Geräuschdämpfung (lange Ein- bzw. Abschaltzeit) und gutem Wirkungsgrad (kurze Ein- bzw. Abschaltzeit) zu erhalten.

Nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung bei der die Pole an ihrem Randbereich, in Drehrichtung des Rotors gesehen, an der Vorderseite Vorsprünge aufweisen (EP 01 93 708 A2), können die Motorgeräusche auch dadurch verringert werden, daß die Längen der Vorsprünge in Umfangsrichtung ca. 10 bis 20% der Polbreite betragen und daß die Dicke der Vorsprünge in radialer Richtung ungefähr das Drei- bis Fünffache des zwischen Rotor und dem Stator befindlichen Luftspaltes beträgt, wobei der Spulenstrom so eingestellt ist, daß die Vorsprünge in die Sättigung gehen. Durch eine spezielle Rotorgeometrie wird nämlich erreicht, daß der sich im Eisen des Rotors und des Stators aufbauende Magnetfluß nicht schlagartig, sondern allmählich ansteigt, was zu einer spürbaren Geräuschverminderung

führt. Dies könnte beispielsweise durch eine Schrägnut am Rotor wie am Stator erreicht werden. Derartige Schrägnuten sind zur Verringerung von Drehmomentschwankungen allgemein bei Elektromotoren bekannt; sie sind aber in ihrer Herstellung aufwendig und mit Zusatzkosten verbunden.

Diese einfachere und kostengünstigere Ausbildung trägt zur Verlangsamung der Änderungsgeschwindigkeit der magnetischen Induktion bei. Durch die spezielle Ausbildung der Pole kann der Nachteil, nämlich daß der Motor dadurch ein geringeres Drehmoment erhält, in bestimmten Grenzen gehalten werden und es wird ein sehr gutes Drehmoment bei optimaler Geräuschverminderung des Motors erreicht.

Durch die vorteilhafte Abdeckung werden die bei höherer Drehzahl auftretenden Windgeräusche zusätzlich zu den bereits oben erwähnten Geräuschen durch Induktionsänderungen stark verringert. Die Vorsprünge bieten ohne zusätzlich erforderliche Befestigungsmittel einen guten und festen Halt gegenüber der Abdeckung, um so den Fliehkräften widerstehen zu können.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 Querschnitt durch einen dreiphasigen, allgemein aus dem Stand der Technik bekannten Reluktanzmotor, bei dem die Wicklung nur einer Phase schematisch und bei dem der Verlauf der magnetischen Feldlinien sowohl im Stator wie im Rotor dargestellt sind, wobei der Verlauf der magnetischen Feldlinien der in dieser Figur dargestellten Stellung des Rotors entspricht.

Fig. 2 Blockschaltbild einer Schalteinrichtung für eine Phase des in **Fig. 1** dargestellten Elektromotors.

Fig. 3 Blockschaltbild wie in **Fig. 2** dargestellt, jedoch mit der nach der Erfindung zusätzlich zu der Schalteinrichtung integrierten elektronischen Steuerung,

Fig. 4 zeitlicher Verlauf des Stromes für eine Phase des Elektromotors nach **Fig. 1** und der Steuerimpulse an den elektronischen Schaltern entsprechend **Fig. 2**,

Fig. 5 wie **Fig. 4**, jedoch mit Zusatzimpulsen nach dem Abschalten der Spule L1 entsprechend der erfindungsgemäßen Schaltung nach **Fig. 3**,

Fig. 6 Detaildarstellung der in **Fig. 3** dargestellten zusätzlichen elektronischen Schaltung zur Erzeugung von Impulsen zum drehzahl- und drehmomentabhängigen Kurzschließen der Wicklung nach dem Ausschalten derselben nach der ersten Erfindung und

Fig. 7 Teilquerschnitt durch Rotor und Stator eines Elektromotors nach der zweiten Erfindung.

In **Fig. 1** ist ein 3-Phasen-Reluktanzmotor im Querschnitt schematisch dargestellt, der im wesentlichen aus einem Stator 2 und einem im Stator 2 drehbar gelagerten Rotor 3 besteht. Der Stator 2 weist sechs am Umfang gleichmäßig verteilte und zum Mittelpunkt 4 des Reluktanzmotors 1 ausgerichtete Statorpole 5 auf, die jeweils von einer Wicklung umgeben sind. Der Einfachheit halber sind in **Fig. 1** nur die beiden senkrecht verlaufenden Statorpole 5 mit Wicklungen 6, 7 versehen. Der Rotor 3 weist vier am Umfang gleichmäßig verteilte Rotorpole 8 auf, deren Außenflächen 9 in geringem Abstand (gekennzeichnet durch die Spaltbreite 1 gemäß **Fig. 7**) zu den Außenflächen 10 der Statorpole 5 verläuft. Die Außenflächen 9, 10 der Rotor- und Statorpole 8, 5 liegen jeweils auf einem zum Mittelpunkt 4 konzentrisch verlaufenden Kreis mit den Durchmessern d1 und d2. Die Differenz von d2 und d1 bildet die doppelte

Spaltbreite 1 zwischen den Polen 5, 8. Die diametral gegenüberliegenden, an den Statorpolen ausgebildeten Wicklungen 6, 7 bilden eine Phase des in **Fig. 1** dargestellten Reluktanzmotors.

Die Wirkungsweise eines derartigen Reluktanzmotors 1, wie er in **Fig. 1** dargestellt ist und wie er seit langem bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist, beruht auf der gegenseitigen Anziehung der am Rotor 3 und am Stator 2 ausgebildeten Pole 8, 5, die stark ausgeprägt sind, da sie am Rotor 3 bzw. am Statorgehäuse 2 radial nach außen bzw. radial nach innen hervorstehen. Wenn Strom in einer am Statorpol 5 zugeordneten Phase fließt, beispielsweise in der durch die in **Fig. 1** dargestellten und senkrecht verlaufenden Stator- und Rotorpolen 5, versuchen die in **Fig. 1** von den Magnetlinien 11 erzeugten magnetischen Kräfte den Rotor 3 so auszurichten, daß sowohl die Rotor- und Statorpole 3, 5 direkt gegenüber stehen. In **Fig. 1** wird dies am Beispiel eines 3-Phasen-Reluktanzmotors 1 gezeigt. Es ist aber selbstverständlich auch möglich, einen 1-, 2-, 3- oder mehrphasigen Reluktanzmotor zu verwenden, der dann nach dem gleichen Prinzip arbeitet. Bei der in **Fig. 1** gezeigten Rotorstellung ergibt sich ein Drehmoment gegen den Uhrzeigersinn, wenn gerade in den Wicklungen 6, 7 einer Phase Strom fließt. Da der in **Fig. 1** dargestellte 3-Phasen-Reluktanzmotor 1 bereits seit langem bekannt ist, werden der Einfachheit halber weitere Details nicht erwähnt.

In **Fig. 2** ist ein schematisches Schaltbild einer Schalteinrichtung für eine Phase des in **Fig. 1** dargestellten Elektromotors dargestellt. Für die auf den anderen vier Statorpolen 5 ausgebildeten Wicklungen, die in der Zeichnung nicht dargestellt sind, werden nochmals zwei weitere Schalteinrichtungen benötigt, die das gleiche schematische Schaltbild aufweisen, wie es in **Fig. 2** dargestellt ist. In **Fig. 2** besteht die Schalteinrichtung aus zwei Anschlüssen 12, 13, die mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten Gleichspannungsquelle verbunden sind. Die Anschlüsse 12, 13 sind ferner über einen Glättungskondensator 14 miteinander verbunden. über die beiden elektronischen Schalter T1 und T2 werden die in **Fig. 1** in Reihe geschalteten Wicklungen 6, 7, die in **Fig. 2** in L1 zusammengefaßt sind, mit den Anschlüssen 12, 13 verbunden. Die beiden elektronischen Schalter T1 und T2 sind in **Fig. 2** beispielsweise als IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) ausgeführt.

In Reihe zum unteren Schalter T1 ist ein Meßwiderstand R, an dem der Strom-Istwert über die Leitung 15 abgenommen wird. Über die Spule L1 und die beiden elektronischen Schalter T1 und T2 ist jeweils eine Freilaufdiode D1 und D2 geschaltet. Wie bereits oben erwähnt, gibt es für den Reluktanzmotor 1 nach **Fig. 1** gemäß dem gerade beschriebenen Schaltbild noch je einen analogen Strang für die Spulen L2 und L3. Jeder der elektronischen Schalter T1 und T2 wird durch einen Treiber 16, 17 gesteuert. Der Treiber 16 ist über eine Leitung 19 mit dem Steueranschluß 18 verbunden, die wiederum mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten, übergeordneten Steuerelektronik des Reluktanzmotors 1 verbunden ist. Der Treiber 17 ist über eine Leitung 20 mit einem Block 21 verbunden, der mit Hilfe einer Pulsbreitenmodulation die Stromregelung gemäß des Stromsollwertes an Anschluß 22 übernimmt. Auch der Anschluß 22 ist mit der übergeordneten Motorsteuerung des Reluktanzmotors 1 verbunden. Die Leitung 15 bildet den dritten Eingang zum Block 21. Auch die Treiber 16, 17 und der zum Block 21 werden für jede weitere Phase eines Reluktanzmotors nochmals benö-

tigt.

Um den Reluktanzmotor 1 betreiben zu können, wird nach Fig. 2 von der übergeordneten Steuerelektronik ein Anforderungssignal zum Einschalten der Phase L1 über den Steueranschluß 18 in die nach Fig. 2 dargestellte Schalteinrichtung eingespeist. Gleichzeitig wird ein Stromsollwert in den Anschluß 20 von der übergeordneten Schalteinrichtung eingegeben. Im ersten Moment werden beide elektronischen Schalter T1 und T2 zum Zeitpunkt t1, wie dies Fig. 4 deutlich zeigt, eingeschaltet. Nun steigt der Strom in der Spule L1 gemäß dem Kurvenverlauf 23 nach Fig. 4 an. Bei Erreichen des gemäß Fig. 2 am Anschluß 22 anliegenden Stromsollwertes wird der obere elektronische Schalter T2 ausgeschaltet (siehe t2 nach Fig. 4.) Dadurch wird die Spule L1 über T1 und D2 kurzgeschlossen. Der Strom baut sich dadurch in der Spule L1 nur langsam ab (siehe den sägezahnförmigen Kurvenverlauf 43). Mit einem festen Takt (siehe Kurvenverlauf 44 in Fig. 4), der im Block 21 erzeugt wird, wird der obere Schalter T2 solange eingeschaltet, bis er wieder den am Anschluß 22 vorhandenen Grenzwert erreicht. Auf diese Weise wird der Spulenstrom in L1 konstant gehalten, bis er zum Zeitpunkt t3 (Fig. 4) auf Veranlassung der übergeordneten Steuerelektronik am Steueranschluß 18 wieder ausgeschaltet wird. Nach der herkömmlichen Ansteuerungsmethode, wie sie in Fig. 2 und 4 dargestellt ist, werden nun beide elektronischen Schalter T1 und T2 ausgeschaltet und bleiben bis zum nächsten Zyklus in dieser ausgeschalteten Stellung. Gemäß Fig. 4 baut sich der Strom durch die Spule L1 nach t3 relativ schnell ab, wie dies der Kurvenverlauf 24 zeigt.

Die in Fig. 3 dargestellte Schalteinrichtung stimmt mit der in Fig. 2 dargestellten Schalteinrichtung mit Ausnahme der beiden Blöcke 25, 26 überein, die in Verbindung mit der Schalteinrichtung die eigentliche Erfindung ausmachen. Zur Vermeidung von Wiederholungen wurden deshalb für gleiche Bauteile gemäß Fig. 2 in Fig. 3 gleiche Bezugszeichen gewählt.

Gemäß Fig. 3 ist in die Leitung 20 ein Schalter 25 eingefügt, der über eine zusätzliche Steuerleitung 27 mit dem Steueranschluß 18 verbunden ist. Der Schalter 25 weist zwei Schaltstellungen auf, von denen die in Fig. 3 gezeigte Schaltstellung die Verbindung vom Block 21 zum Treiber 17 herstellt. Die zweite, in Fig. 3 nicht dargestellte Schaltstellung verbindet den Ausgang 28 der zusätzlichen elektrischen Schaltung 26 mit dem Treiber 17, wenn am Steueranschluß 18 die übergeordnete Elektronik die Spule L1 ausschaltet. Die zusätzliche elektrische Schaltung 26 ist über die Leitung 29 mit dem Block 21 verbunden. Außerdem ist die zusätzliche elektrische Schaltung 26 über die Leitung 30 mit dem Anschluß 22 verbunden. Weiterhin ist die Schaltung 26 über einen Eingang 31 mit einem Signal verbunden, das den Drehzahl-Istwert des Reluktanzmotors 1 (Fig. 1) darstellt.

In Fig. 6 ist die zusätzliche elektronische Schaltung 26 im Detail so dargestellt, daß für gleiche Bauteile auch hier gleiche Bezugszeichen gewählt wurden. Die zusätzliche elektronische Schaltung 26 besteht aus einer monostabilen Kippschaltung (Monoflop) 32, einem Komparator 33 und einem Einstellregler 34. Der Komparator 33 vergleicht über seine beiden Eingänge 35, 36 eine am Einstellregler 34 fest vorgegebene Drehzahl mit dem Drehzahl-Istwert am Eingang 31. Der Ausgang des Komparators 33 ist über die Leitung 37 mit dem Rücksetzeingang R des Monoflops 32 verbunden.

Das in Fig. 3 dargestellte Blockschaltbild stellt nur eine Möglichkeit zur Realisierung der Erfindung dar. Es

ist auch möglich, den Gegenstand der Erfindung anders zu lösen, z. B. durch Integration einer nach der Erfindung arbeitenden Schalteinrichtung in die übergeordnete Steuerelektronik.

Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung ist gemäß den Fig. 3, 5 und 6 folgende: Zwischen den Zeitpunkten t1 und t3 (Fig. 5) schaltet die übergeordnete Elektronik am Steueranschluß 18 die Spule L1 ein. Da in diesem Zeitraum der Schalter 25 die Leitung 20 gemäß Fig. 3 genauso wie in Fig. 2 durchschaltet, ist der zeitliche Verlauf des Spulenstroms in Fig. 5 während dieses Zeitabschnittes genauso wie in Fig. 4. Zum Zeitpunkt t3 will die übergeordnete Elektronik die Spule L1 ausschalten. Im ersten Moment werden, wie auch in Fig. 2 dargestellt die beiden elektronischen Schalter T1 und T2 geöffnet. Der im Block 21 erzeugte Takt (Positionsnummer 44 in den Fig. 4 und 5) wird nach Fig. 3 nun über die Leitung 29 in die zusätzliche elektronische Schalteinrichtung 26 eingespeist.

Der zeitliche Verlauf des Taktsignals 44 ist genauso, wie in Fig. 4, auch in Fig. 5 dargestellt. Dieser Takt 44 wird nun dazu verwendet, den elektronischen Schalter T2 für eine bestimmte Zeit einzuschalten. Dadurch wird die Spule L1 über die Freilaufdiode D1 kurzgeschlossen. Während dieser Zeit wird der Strom in der Spule L1 wesentlich langsamer abgebaut als durch Umpolen, wie dies bei den geöffneten elektronischen Schaltern T1 und T2 der Fall wäre. Dies wiederholt sich zyklisch so lange, bis der Strom in der Spule L1 auf Null, was dem Zeitpunkt t5 nach Fig. 5 entspricht, abgebaut ist. Aus Fig. 5 ist ersichtlich, daß in dem Zeitbereich t3 bis t5 die Steilheit 38 des Stromabbaus im Mittel wesentlich geringer ist, als dies bei 24 in Fig. 4 (Zeitraum t3 bis t4) der Fall ist.

Die Länge der Einschaltzeiten des elektronischen Schalters T2 ist indirekt proportional zum Stromsollwert an der Leitung 30 und dem Drehzahl-Istwert am Eingang 31 gemäß Fig. 6. Der Komparator 33 vergleicht das am Eingang 31 anliegende Drehzahl-Istsignal mit einem am Einstellregler 34 fest vorgegebenen Grenzwert. Bei höheren Drehzahlen verhindert der Komparator 33 das zyklische Einschalten des elektronischen Schalters T2 vollständig, indem er das Monoflop 32 über den Stelleingang R dauerhaft zurücksetzt.

Die von der zusätzlichen elektronischen Schalteinrichtung 26 erzeugte Impulskette wird solange dem elektronischen Schalter T2 über den Schalter 25 zugeführt, bis die übergeordnete Elektronik am Steueranschluß 18 die Spule L1 wieder einschaltet (Fig. 3 und 5). Diese Zusatzimpulse haben nach dem Abklingen des Spulenstroms, entsprechend Kurve 38 in Fig. 5, allerdings keine Funktion mehr.

Der in Fig. 7 teilweise im Querschnitt gezeigte 3-Phasen-Reluktanzmotor 1 entspricht im wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Motor. Zur Vermeidung von Wiederholungen wurden daher für entsprechende gleiche Positionsnummern gleiche Bezugszeichen verwendet. Die die Statorpole 5 umgebenden Wicklungen sind hier der Einfachheit halber nicht dargestellt.

Der Unterschied gegenüber dem in Fig. 1 dargestellten Reluktanzmotor besteht in Fig. 7 lediglich darin, daß an den radial äußeren Enden der Rotorpole 8 in Umfangsrichtung und im Randbereich Vorsprünge 39 so ausgebildet sind, daß diese im normalen Betrieb des Reluktanzmotors 1 in die magnetische Sättigung getrieben werden. Gemäß Fig. 7 werden die Vorsprünge durch die Dicke d und die Breite b definiert. Günstig ist dabei eine Breite b der Vorsprünge 39 von ca. 10 bis 20% der Polbreite p und eine Dicke d, die ungefähr das

Drei- bis Fünffache des Luftspaltes 1 beträgt, der sich zwischen den Außenflächen der Rotorpole 8 und der Außenflächen 10 der Statorpole 5 ergibt.

Aufgrund der ausgeprägten Rotorpole 8 entstehen nach Fig. 7 zwischen den Rotorpolen 8 Zwischenräume 40. Damit diese Zwischenräume bei Drehung des Rotors 3 nicht einen Stauraum für die Luft bilden können, sind die Zwischenräume von Abdeckungen 41 radial nach außen verschlossen. Dabei hintergreifen die Vorsprünge 39 die Endbereiche 42 der Abdeckungen 41 derart, daß diese aufgrund der beim Drehen des Rotors 3 an den Abdeckungen 41 auftretenden Fliehkräfte nicht radial nach außen wegfliegen können. Die Vorsprünge 39 dienen also zum anderen auch als Befestigung der Abdeckungen 41.

Wie in Fig. 7 dargestellt, werden die Abdeckungen 41 von kreisringförmigen Scheiben gebildet. Es ist aber auch möglich, Abdeckungen 41 einzusetzen, die den ganzen Zwischenraum 40 füllen. Allerdings ist es dabei vorteilhaft, wenn diese Abdeckungen 41 dann aus einem besonders leichten aber dennoch stabilen Werkstoff hergestellt sind. Die Außendurchmesser der Abdeckungen 41 sind in ihren radialen Abmessungen so bemessen, daß sie mit der Außenfläche 9 der Rotorpole 8 eine einheitliche zylindrische Mantelfläche bilden.

geschlossen ist und daß die Vorsprünge (39) die Abdeckung (41) radial von außen übergreifen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Elektronisches Antriebssystem, das aus einem Elektromotor (1) veränderlicher Reluktanz mit ausgeprägten Polen (5, 8) sowohl am Stator (2) wie am Rotor (3) besteht, mit einer oder mehreren Phasen, wobei pro Phase eine oder mehrere, auf den Polen (5) des Stators (2) angeordnete Wicklungen (6, 7) vorhanden sind, deren Induktivität sich zyklisch mit der Bewegung des Rotors (3) ändert und mit einer Schalteinrichtung, die den Spulenstrom in Abhängigkeit von der Rotorposition ein- und ausschaltet, dadurch gekennzeichnet, daß die beim Ausschalten der Spulen (L1) auftretenden schnellen Änderungen der magnetischen Induktion im Stator (2) durch eine zusätzliche elektronische Steuerung (25, 26) des Spulenstroms verlangsamt werden wobei die Stromabfallgeschwindigkeit durch ein zeitweises Kurzschließen der Spulenwicklung (6, 7) nach dem Abschalten dieser Wicklungen beeinflußt wird.

2. Elektronisches Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Stromänderungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl und den Drehmoment des Motors (1) erfolgt.

3. Elektronisches Antriebssystem nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, wobei die Pole an ihrem Randbereich, in Drehrichtung des Rotors (3) gesehen, an der Vorderseite Vorsprünge (39) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Längen der Vorsprünge (39) in Umfangsrichtung ca. 10 bis 20% der Polbreite (P) betragen und daß die Dicke (d) der Vorsprünge in radialer Richtung ungefähr das Drei- bis Fünffache des zwischen Rotor (3) und dem Stator (2) befindlichen Luftspaltes (1) beträgt, wobei der Spulenstrom so eingestellt ist, daß die Vorsprünge (39) in die Sättigung gehen.

4. Elektronisches Antriebssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zwischen zwei benachbarten Polen (B) gebildete Hohlraum (40) durch eine Abdeckung (41) radial nach außen ver-

— Leerseite —

Fig. 1

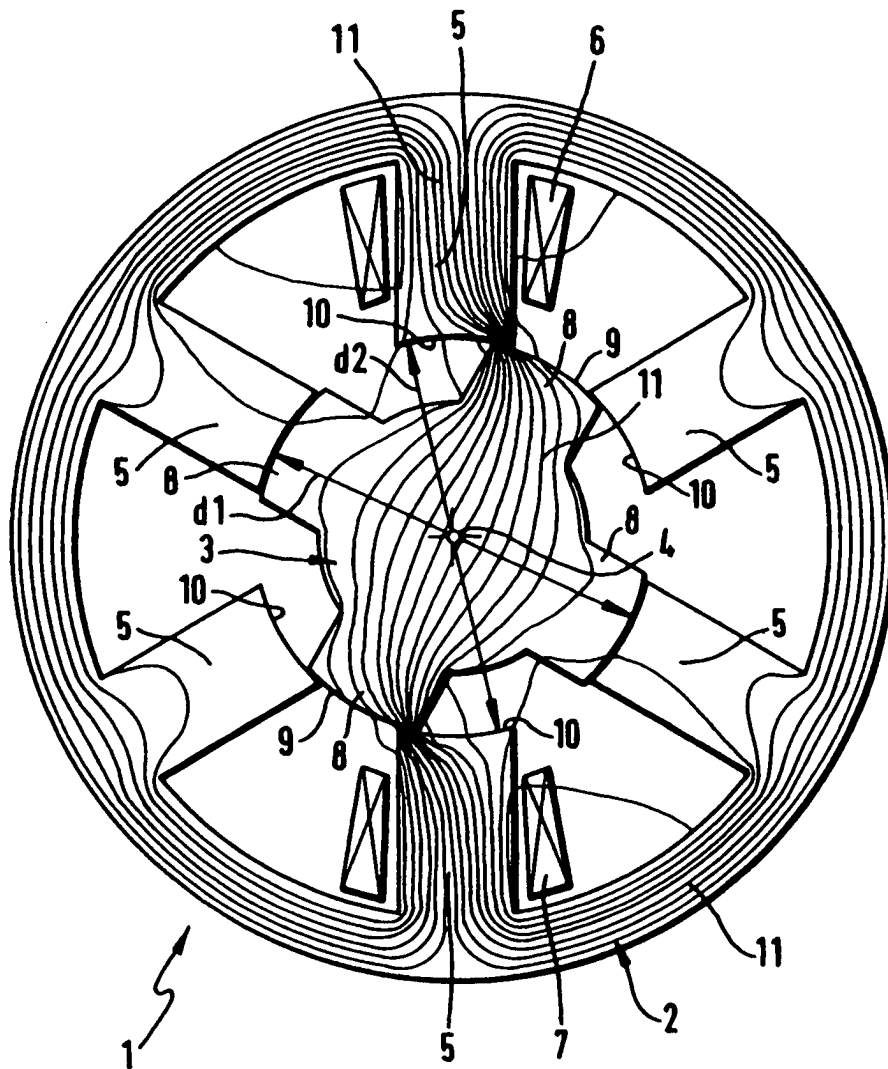


Fig. 2

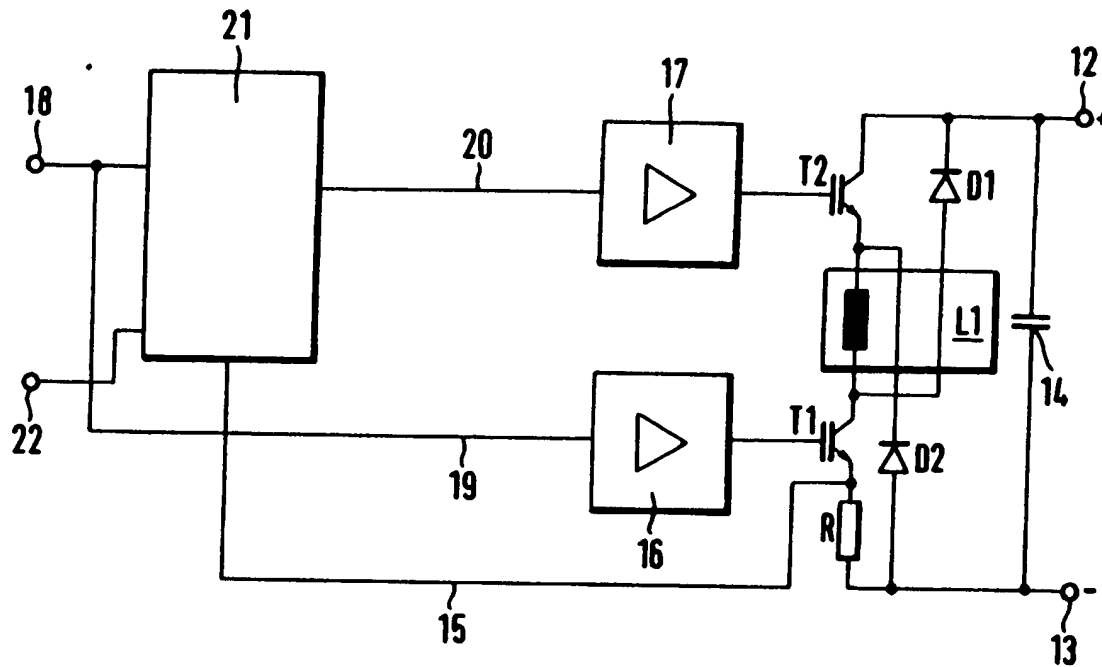


Fig. 3

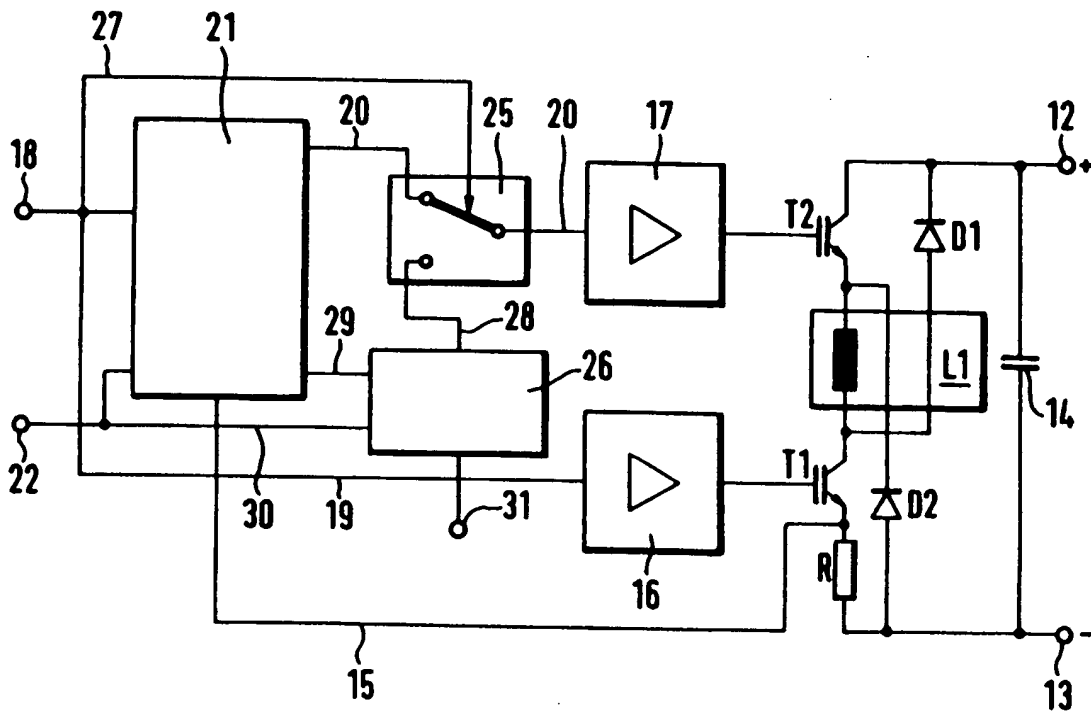


Fig. 4

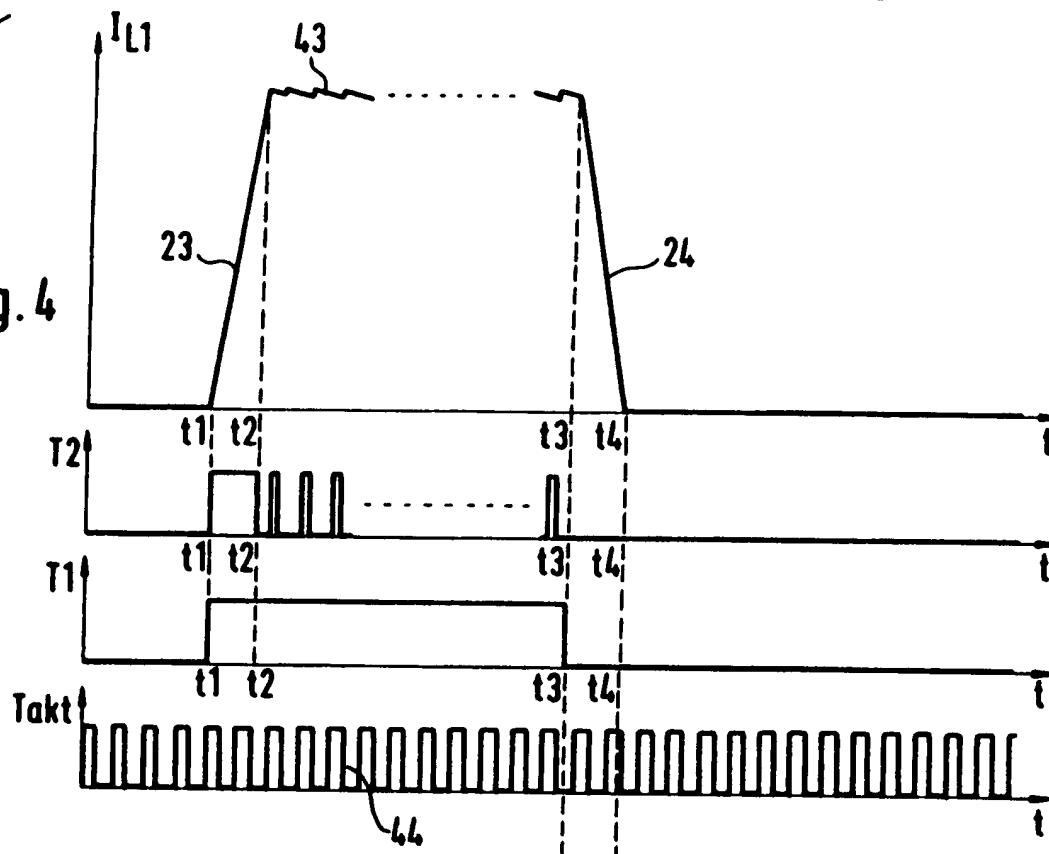


Fig. 5

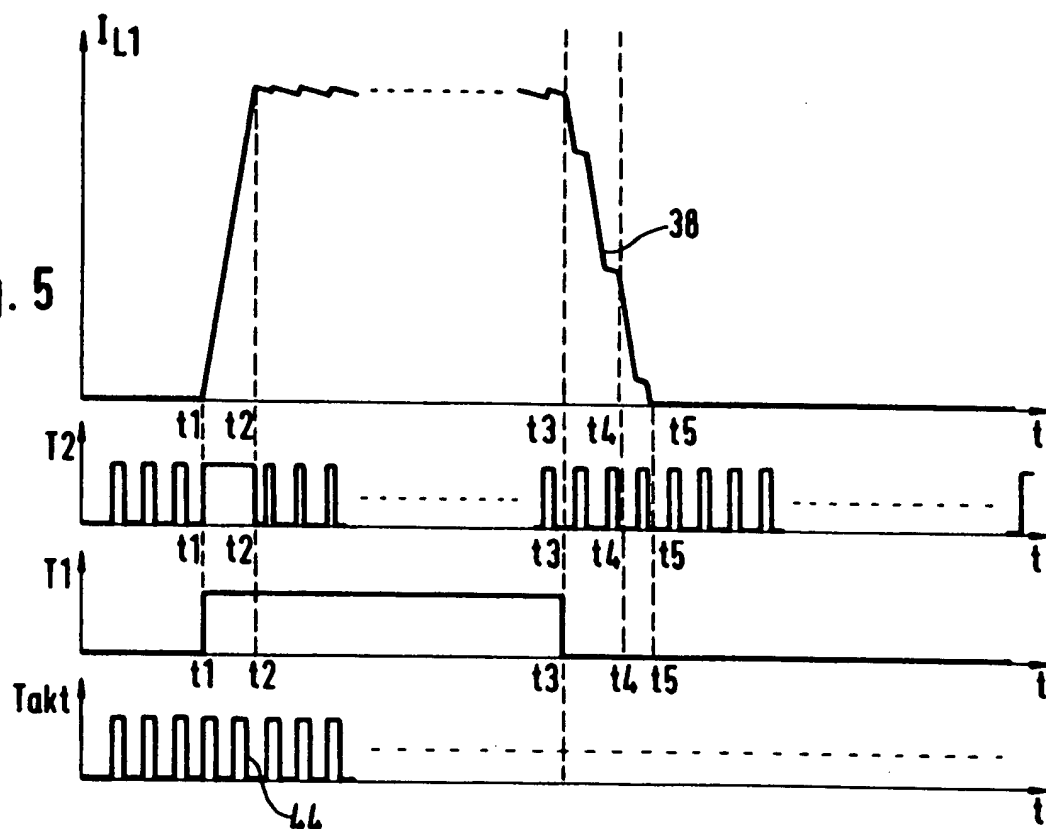


Fig. 6

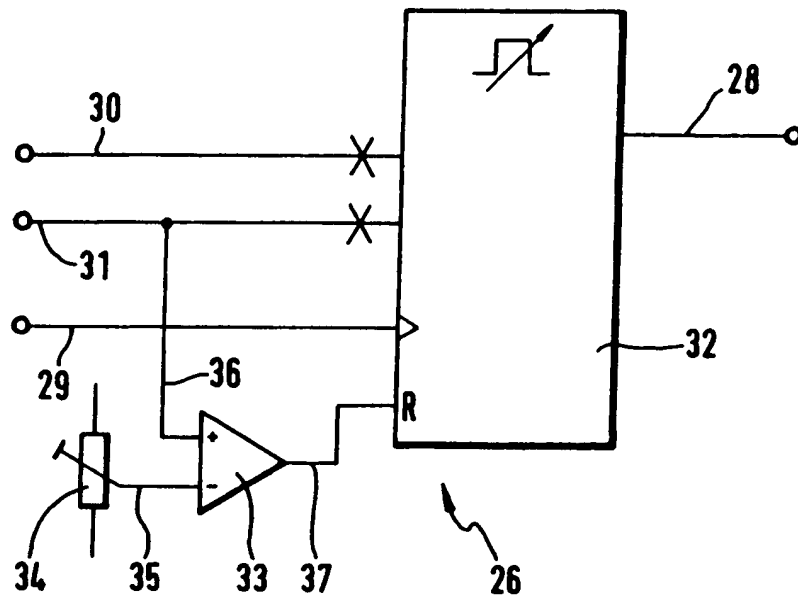


Fig. 7

